

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-110938

(43)Date of publication of application : 12.04.2002

(51)Int.CI.

H01L 27/105  
G11C 11/14  
G11C 11/15  
H01F 10/16  
H01F 10/26  
H01L 43/08

(21)Application number : 2001-157484

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 25.05.2001

(72)Inventor : SAITO YOSHIAKI  
INOMATA KOICHIRO  
AMANO MINORU  
SUNAI MASAYUKI  
NAKAJIMA KENTARO  
TAKAHASHI SHIGEKI  
KISHI TATSUYA

(30)Priority

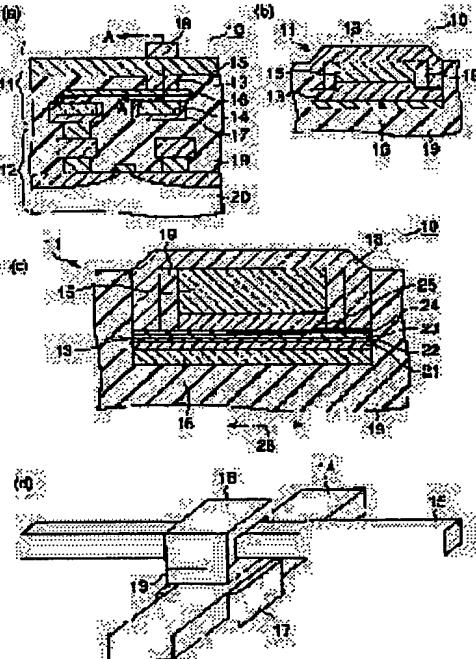
Priority number : 2000227320 Priority date : 27.07.2000 Priority country : JP

## (54) MAGNETIC MEMORY DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic memory device which is reduced in power consumption at writing.

**SOLUTION:** This magnetic memory includes first and second wirings 14, 15 crossing each other and separated from each other; a magnetoresistive effect film 13 positioned in a region where the first and second wirings 14, 15 cross each other and having a magnetized fixed layer 21, a magnetic recording layer 23, and a nonmagnetic layer 22 interposed between the magnetized fixed layer 21 and the magnetic recording layer 23; and a first magnetic film 18 that includes at least one of a highly saturated magnetized soft magnetic materials which contains cobalt and a metal-nonmetal nanogranular film and has at least a bottom part counterposed to the reverse surface of a surface opposite to the magnetoresistance effect film 13 of the first wiring 15 and a pair of sidewall parts which counterpose both side surfaces of the first wiring 15 in this region.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-110938  
(P2002-110938A)

(43)公開日 平成14年4月12日 (2002.4.12)

(51)Int.Cl.  
H 01 L 27/105  
G 11 C 11/14  
11/15  
H 01 F 10/16

識別記号

F I  
G 11 C 11/14  
11/15  
H 01 F 10/16  
10/26

テーマコード(参考)  
A 5 E 0 4 9  
Z 5 F 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-157484(P2001-157484)  
(22)出願日 平成13年5月25日(2001.5.25)  
(31)優先権主張番号 特願2000-227320(P2000-227320)  
(32)優先日 平成12年7月27日(2000.7.27)  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号  
(72)発明者 斎藤 好昭  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 猪俣 浩一郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(74)代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

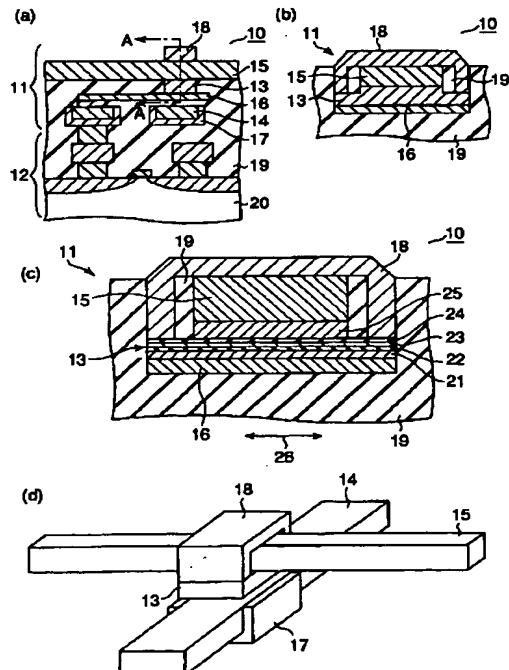
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気記憶装置

(57)【要約】

【課題】書き込み時の消費電力が低減された磁気記憶装置を提供すること。

【解決手段】本発明の磁気記憶装置10は、相互に交差し且つ離間した第1及び第2の配線14, 15と、第1及び第2の配線14, 15が相互に交差する領域内に位置し、磁化固定層21、磁気記録層23、及び磁気記録層23と磁化固定層21との間に介在する非磁性層22を備えた磁気抵抗効果膜13と、コバルトを含有する高飽和磁化ソフト磁性材料及び金属-非金属ナノグラニュラ膜のいずれか一つを含み且つ少なくとも上記領域内で第1の配線15の磁気抵抗効果膜13との対向面の裏面と対向する底部及び第1の配線15の両側面とそれぞれ対向する1対の側壁部を形成した第1の磁性膜18とを具備する。



気記憶装置を実現するには、十分な磁気抵抗変化率が必要である。近年、強磁性トンネル接合では、20%以上の磁気抵抗変化率が得られており、したがって、そのような磁気記憶装置の実現への期待は益々高まっている。

【0004】例えば、強磁性層上に厚さ0.7nm～2.0nmの薄いAl層を成膜した後、その表面を酸素グロー放電または酸素ガスに曝すことによってAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなるトンネルバリア層を形成し、その上に強磁性層をさらに成膜することにより形成される強磁性トンネル接合が提案されている。この強磁性トンネル接合によると、20%以上の磁気抵抗変化率が得られている（J. Appl. Phys. 79, 4724 (1996)）。また、強磁性1重トンネル接合としては、1対の強磁性層の一方を反強磁性層と組み合わせ、他方を磁化固定層とした構造も提案されている（特開平10-4227号公報）。

【0005】上述のように、強磁性1重トンネル接合では20%以上の磁気抵抗変化率が得られるようになった。しかしながら、強磁性1重トンネル接合を用いた磁気記憶装置は、FeRAMやフラッシュメモリ等の競合メモリに比べて、書き込み時の消費電力が大きいという問題を有している。

【0006】上記問題に対し、書込配線の周囲に高透磁率材料からなる薄膜を設けた固体磁気記憶装置が提案されている（米国特許第5,659,499号、米国特許第5,956,267号、米国特許第5,940,319号、及び国際特許出願WO00/10172）。これらの磁気記憶装置によれば、配線の周囲に高透磁率膜が設けられているため、磁気記録層への情報書込に必要な電流値を効率的に低減することができる。また、これらの磁気記憶装置によれば、電流によって発生した磁束が高透磁率磁性膜の外部に及ぶことがないため、クロストークも抑制することができる。

【0007】しかしながら、米国特許第5,659,499号が開示する磁気記憶装置では、磁気抵抗効果膜の記録層全体にわたって均一に磁場を印加することができない。また、米国特許第5,956,267号及び米国特許第5,940,319号が開示する磁気記憶装置では、後述するデュアルスピンドル型2重トンネル接合のように1対の磁化固定層間に磁気記録層を介在させてなる構造を採用した場合、磁気記録層に効率的に磁場を印加することは困難である。さらに、国際特許出願WO00/10172が開示する磁気記憶装置は、磁気記録層に磁場を印加するのに理想的な構造を有しているが、その製造自体が極めて困難である。

【0008】また、上述した強磁性1重トンネル接合に加え、誘電体中に分散させた磁性粒子を介した強磁性トンネル接合や強磁性2重トンネル接合（連続膜）も提案されている。これら強磁性トンネル接合でも20%以上の磁気抵抗変化率が得られており（Phys. Rev.

B 56 (10), R 5747 (1997)、応用磁気学会誌23, 4-2, (1999)、Appl. Phys. Lett. 73 (19), 2829 (1998)）、しかも、強磁性2重トンネル接合によると、所望の出力電圧値を得るために磁気記憶装置に印加する電圧値を高めることにより発生する磁気抵抗変化率の減少を抑制することが可能である。

【0009】しかしながら、強磁性2重トンネル接合を用いた場合も、強磁性1重トンネル接合を用いた場合と同様に書き込み時の消費電力が大きいという問題がある。また、強磁性2重トンネル接合を用いた場合、磁気記録層は1対のトンネルバリア層及び1対の磁化固定層でそれぞれ挟持されるため、上記米国特許が開示する方法を適用したとしても、磁気記録層に電流磁界を効率的に作用させることができない。すなわち、強磁性2重トンネル接合を用いた磁気記憶装置は、書き込み時の消費電力が極めて大きいという問題を有している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、書き込み時の消費電力が低減された磁気記憶装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、相互に交差し且つ離間した第1及び第2の配線と、前記第1及び第2の配線が相互に交差する領域内に位置し、磁化固定層、磁気記録層、及び前記磁気記録層と前記磁化固定層との間に介在する非磁性層を備え、前記磁気記録層は前記第1及び第2の配線のそれぞれに書込電流を流すことにより生じる磁界の方向を第1の方向と前記第1の方向とは逆方向の第2の方向との間で変化させた場合にその磁化の方向を反転させ、前記磁化固定層は前記磁界の方向を前記第1の方向と前記第2の方向との間で変化させた場合にその磁化の方向を実質的に保持する磁気抵抗効果膜と、コバルトを含有する高飽和磁化ソフト磁性材料及び金属-非金属ナノグラニュラ膜のいずれか一つを含み且つ少なくとも前記領域内に前記第1の配線の前記磁気抵抗効果膜との対向面の裏面と対向する底部及び前記第1の配線の両側面とそれぞれ対向する1対の側壁部を形成した第1の磁性膜とを具備することを特徴とする磁気記憶装置を提供する。

【0012】また、本発明は、相互に交差し且つ離間した第1及び第2の配線と、前記第1及び第2の配線が相互に交差する領域内に位置し、第1の磁化固定層、第2の磁化固定層、前記第1及び第2の磁化固定層間に介在する磁気記録層、前記第1の磁化固定層と前記磁気記録層との間に介在する第1の非磁性層、及び前記第2の磁化固定層と前記磁気記録層との間に介在する第2の非磁性層を備え、前記磁気記録層は前記第1及び第2の配線のそれぞれに書込電流を流すことにより生じる磁界の方向を第1の方向と前記第1の方向とは逆方向の第2の方

に要する消費電力を減少させることができる。

【0019】本発明において、第1の磁性膜の第1の配線の長手方向に沿った長さは、磁気抵抗効果膜の第1の配線の長手方向に沿った長さの1.2倍以上であることが好ましく、1.5倍以上であることがより好ましい。また、同様に、第2の磁性膜の第2の配線の長手方向に沿った長さは、磁気抵抗効果膜の第2の配線の長手方向に沿った長さの1.2倍以上であることが好ましく、1.5倍以上であることがより好ましい。この場合、磁気記録層により効果的に磁場を印加することができる。

【0020】第1及び第2の配線は、例えば、銅、タンゲステン、及びそれらの合金からなる群より選ばれる1種を含有することができる。或いは、第1及び第2の配線は、Cu層とCoFeNi層との積層構造のように、非磁性層と高飽和磁化ソフト磁性材料層とを備えた多層構造とすることができます。それら配線が銅を主成分とする材料で構成され且つ第1及び第2の磁性膜がコバルトを主成分とする合金系である場合、銅とコバルトとは殆ど相互に固溶しない。そのため、通常の熱処理プロセスを実施した場合や配線に過大な電流を流した場合でも、配線に含まれる銅と磁性膜に含まれるコバルトとが相互拡散することはない。したがって、この場合、配線と磁性膜との間にバリアメタルを設ける必要がない。

【0021】第1及び第2の磁性膜は、Co-Fe合金膜、Co-Fe-Ni合金膜、Co-(Zr, Hf, Nb, Ta, Ti)膜、(Co, Fe, Ni)-(Si, B)-(P, Al, Mo, Nb, Mn)系などのアモルファス材料膜、及び(Fe, Co)-(B, Si, Hf, Zr, Sm, Ta, Al)-(F, O, N)系などの金属-非金属ナノグラニュラ膜等で構成することができる。特に、それら磁性膜は、上記のうち、Co元素を含有する高飽和磁化ソフト磁性材料膜や(Fe, Co)-(B, Si, Hf, Zr, Sm, Ta, Al)-(F, O, N)系などの金属-非金属ナノグラニュラ膜で構成するとより好ましい。

【0022】磁化固定層及び磁気記録層は、それぞれ、Fe、Co、Ni、それらの合金、及びNiMnSbやPtMnSbやCo<sub>2</sub>MnGeなどのハーフメタル等を含有することが好ましい。磁気記録層の飽和磁化Bsは5kGよりも大きいことが好ましい。また、非磁性トンネル層の材料には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、MgO、SiO<sub>2</sub>、GaO、LaAlO<sub>3</sub>、MgF<sub>2</sub>、及びCaF<sub>2</sub>などを用いることができる。

【0023】本発明において、第2の配線の周囲にも第1の配線の周囲に設けたのと同様の磁性膜を設けることが好ましい。また、磁性膜は、強磁性トンネル接合の位置だけでなく、配線全体にわたって延在するように設けることが好ましい。

【0024】本発明において、磁性膜を設けた配線の長手方向に垂直な断面の寸法に関し、磁性膜の開口幅方向

の長さをl<sub>1</sub>とし、それに垂直な方向の長さをl<sub>2</sub>とした場合、アスペクト比l<sub>2</sub>/l<sub>1</sub>は1より大きいことが好ましい。この場合、電流磁界がより強くなる。このアスペクト比l<sub>2</sub>/l<sub>1</sub>は、2より大きく且つ5より小さいことがより好ましい。

【0025】本発明の磁気記憶装置は、この磁気記憶装置が記憶する情報を読み出すためにこの磁気記憶装置に流すセンス電流を制御するセンス電流制御素子をさらに有することができる。このセンス電流制御素子としては、トランジスタやダイオードを用いることができる。

#### 【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明について図面を参照しながらより詳細に説明する。なお、各図において同様の部材には同一の参照符号を付し、重複する説明は省略する。図1(a)は本発明の第1の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図である。図1(b)は図1(a)に示す磁気記憶装置のA-A線に沿った部分断面図であり、図1(c)は図1(b)に示す構造を拡大して描いた断面図である。また、図1(d)は、図1

(a)に示す磁気記憶装置の一部を概略的に示す斜視図である。

【0027】図1(a)～(d)に示す磁気記憶装置10は、MRAM (Magnetic Random Access Memory) であって、図1(a)に示すように、磁気記憶素子11と磁気記憶素子11に流すセンス電流を制御するセンス電流制御素子であるトランジスタ12とで主に構成されている。

【0028】磁気記憶素子11は、強磁性2重トンネル接合13を有している。強磁性2重トンネル接合13は、直交する配線14、15間の交差部に位置しており、その下端は配線16を介してトランジスタ12と接続されている。また、配線14、15の周囲には、それぞれ、磁性膜17、18が設けられている。なお、本実施形態において、磁性膜18は高飽和磁化ソフト磁性材料で構成されている。また、参照番号19は層間絶縁膜を示し、参照番号20は基板を示し、両矢印26は磁化容易軸を示している。

【0029】強磁性2重トンネル接合13は、配線16側から、磁化固定層21、トンネルバリア層22、磁気記録層23、トンネルバリア層24、及び磁化固定層25を順次積層した構造を有している。磁化固定層25の幅は、磁化固定層21、トンネルバリア層22、磁気記録層23、及びトンネルバリア層24の幅よりも狭く、トンネルバリア層24の配線15を挟んで左右に位置する上面をそれぞれ露出させている。磁化固定層25側で開口した磁性膜18の両端部は、トンネルバリア層24の露出した上面にそれぞれ接触している。すなわち、磁性膜18とトンネルバリア層24とは磁気的に接続されており、磁性膜18と磁気記録層23とはトンネルバリア層24を介して磁気的に接続されている。

合金を用いるのとともに、配線14, 15の材料として高電流密度に対応可能な銅を主成分とする材料を用いることが好ましい。この場合、配線14, 15と磁性膜17, 18との間でそれらを構成する材料が相互拡散するのを防止することができる。したがって、熱的安定性が向上し、経時劣化も抑制することができる。

【0043】磁化固着層21, 25は、それぞれ強磁性層で構成することができる。この強磁性層を構成する材料は強磁性を示すものであれば特に制限はなく、Fe、Co、及びNiなどの金属；それらの合金；スピニ分極率の大きいマグネタイト(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)、CrO<sub>2</sub>、及びRXMnO<sub>3-y</sub>(Rは希土類元素を示し、XはCa、Ba、及びSrの少なくとも1種の元素を示す)などの酸化物；並びにNiMnSb及びPtMnSbなどのホイスラー合金等を挙げることができる。この強磁性層の膜厚は、超常磁性にならない程度に厚いことが必要であり、0.4nm以上であることが好ましい。

【0044】この強磁性層には、Fe-Mn、Pt-Mn、Pt-Cr-Mn、Ni-Mn、Ir-Mn、NiO、及びFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などからなる反強磁性膜を積層して磁化の方向を固定することができる。また、磁化固着層21, 25として、強磁性層と非磁性層との積層膜を用いてもよい。そのような積層膜として、強磁性層/非磁性層/強磁性層の三層膜を用いる場合、非磁性層を介して強磁性層間で反強磁性的な相互作用を生じさせることができ。

【0045】特に、強磁性膜上にCo(Co-F<sub>e</sub>)/Ru/Co(Co-F<sub>e</sub>)やCo(Co-F<sub>e</sub>)/Ir/Co(Co-F<sub>e</sub>)などの積層膜を介してFe-Mn、Pt-Mn、Pt-Cr-Mn、Ni-Mn、Ir-Mn、NiO、及びFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などからなる反強磁性膜を設けた構造を採用することにより、磁化固着層21, 25の磁化の方向が電流磁界に影響されにくくなる。すなわち、強磁性層の磁化の方向を強固に固定することができる。

【0046】磁気記録層23の長さLと幅Wとの比L/Wは1.5以上であることが好ましく、2以上であることがより好ましいが、図1(a)～(d)に示す構造を採用した場合には比L/Wが1であっても単磁区化により高密度化が可能となる。また、磁気記録層23は、その長さ方向に一軸異方性が付与されていることが好ましく、その長さ方向(磁化容易軸方向)の両端部でトンネルバリア層24を介して磁性膜18と接続されていることが好ましい。

【0047】磁気記録層23に用いる材料は強磁性を示すものであれば特に制限はなく、Fe、Co、及びNiなどの金属；それらの合金；スピニ分極率の大きいマグネタイト(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)、CrO<sub>2</sub>、及びRXMnO<sub>3-y</sub>(Rは希土類元素を示し、XはCa、Ba、及びSrの少なくとも1種の元素を示す)などの酸化物；並び

にNiMnSb及びPtMnSbなどのホイスラー合金等を挙げることができる。この強磁性層の膜厚は、超常磁性にならない程度に厚いことが必要であり、0.4nm以上であることが好ましい。

【0048】磁気記録層23は、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。磁気記録層23を積層構造とする場合、例えば、ソフト強磁性層/強磁性層の二層膜や、強磁性層/ソフト強磁性層/強磁性層の三層膜とすることが可能。

【0049】また、磁気記録層23を強磁性層/非磁性層/強磁性層の三層膜とし、それら強磁性層が非磁性層を介して反強磁性的に或いは弱い強磁性的に相互作用した構造を採用することもできる。この場合、磁気記録層23に電流磁界を作用させる際に磁気記録層23から磁化固着層21, 25への漂遊磁界(stray field)の影響がなくなるのに加え、メモリセル幅をサブミクロン以下とした場合でも、所定の電流磁界を生じさせるのに要する消費電力が反磁界により増大するのを抑制することができる。この構造を採用する場合、磁性膜18側の強磁性層によりソフトな層を用いるか或いはその膜厚をより厚くすることが好ましい。また、そのソフトな層として、上述したのと同様に、ソフト強磁性層/強磁性層の二層膜や、強磁性層/ソフト強磁性層/強磁性層の三層膜を用いることができる。

【0050】上述した磁化固着層21, 25及び磁気記録層23に用いる強磁性層は、上述した磁性体に加え、Ag、Cu、Au、Al、Mg、Si、Bi、Ta、B、C、O、N、Pd、Pt、Zr、Ir、W、Mo、及びNbなどの非磁性元素を強磁性を失わない範囲で含有することができる。また、上述した磁化固着層21, 25に用いる強磁性層は膜面に平行な一方向異方性を有することが好ましく、磁気記録層23に用いる強磁性層は膜面に平行な一軸異方性を有することが好ましい。この強磁性層の厚さは、0.1nm～100nmであることが好ましく、より薄いことが望ましい。磁気記憶装置10を作製する上では、強磁性層の厚さは10nm以下であることが好ましい。

【0051】トンネルバリア層22, 24の材料としては、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、MgO、SiO<sub>2</sub>、MgO、LaAlO<sub>3</sub>、MgF<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの誘電体或いは絶縁体を用いることができる。これら材料には、酸素、窒素、或いはフッ素欠損が存在していてもよい。

【0052】上述した磁気記憶装置10は、例えば、表面領域にトランジスタ12等が形成された基板20上に形成することができる。そのような基板20の材料に特に制限はなく、Si、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、スピネル、及びAlNなどを用いることができる。また、磁気記憶装置10は保護層や下地層を介して基板上に形成することが好ましい。そのような保護層或いは下地層に用いる

ように形成される。そのため、第1～第6の実施形態と同様の方法では、磁性膜18と磁気記録層23とを磁気的に接続することはできない。

【0062】そこで、本実施形態では、磁性膜18の開口幅を強磁性2重トンネル接合13の幅以上としている。このような構造によると、磁性膜18の両端部と磁気記録層23との間に磁化固定層25は介在していないため、磁性膜18と磁気記録層23との磁気的な接続が磁化固定層25によって妨げられることがない。したがって、本実施形態によると、磁気記録層に電流磁界を効率的に作用させることができ、情報の書き込みに要する消費電力を低減することが可能となる。

【0063】本実施形態において、磁性膜18の両端部と磁気記録層23との距離は、磁性膜18と磁気記録層23との磁気的な接続が達成されるのであれば特に制限はないが近いほど好ましい。通常、磁性膜18の両端部と磁気記録層23との距離は、0.05μm以下であれば十分である。

【0064】次に、本発明の第8の実施形態について説明する。図13(a)は本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図であり、図13

(b)は図13(a)に示す磁気記憶装置のE-E線に沿った部分断面図である。本実施形態に係る磁気記憶装置10は、磁性膜17が配線14の側面に設けられずに底面にのみ設けられている点で第7の実施形態に係る磁気記憶装置10とは異なっている。

【0065】センス電流制御素子としてCMOSトランジスタ12を用いた場合、強磁性2重トンネル接合13の幅(ピット線15に平行な方向の寸法)をW、長さ

(ワード線14に平行な方向の寸法)をLとすると、通常、配線14の長手方向で隣り合う強磁性2重トンネル接合13間の距離は幅Wとほぼ等しいのに対し、配線15の長手方向で隣り合う強磁性2重トンネル接合13同士は幅Wのほぼ3倍もの距離を隔てることとなる。すなわち、そのような磁気記憶装置において、隣り合う強磁性2重トンネル接合13間の距離は、幅方向に関しては比較的短いのに対し、長さ方向に関しては十分に長い。

【0066】それゆえ、配線14の長手方向で隣り合う強磁性2重トンネル接合13間のクロストークは考慮する必要があるが、配線15の長手方向で隣り合う強磁性2重トンネル接合13間のクロストークは必ずしも考慮する必要はない。したがって、このような場合は、図13(a), (b)に示すように、磁性膜18を配線15の側面及び底面に設け且つ磁性膜17を配線14の側面に設けずに底面のみに設けるだけで、クロストークを生じることなく強磁性2重トンネル接合13に対して効率的に電流磁界を作用させることができる。

【0067】図13(a), (b)に示す磁気記憶装置においては、強磁性2重トンネル接合13に対してより効率的に電流磁界を作用させるために、図14(a),

10

20

30

40

50

(b)及び図15(a)～(c)に示す構造を採用してもよい。図14(a), (b)は、それぞれ、本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置の配線14及び磁性膜17の構造の例を概略的に示す断面図である。また、図15(a)～(c)は、それぞれ、本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置の配線15及び磁性膜18の構造の例を概略的に示す断面図である。

【0068】図14(a)並びに図15(a)及び(c)において、配線14と磁性膜17並びに配線15と磁性膜18は、それぞれ2重積層構造を構成している。また、図14(b)及び図15(b)において、配線14と磁性膜17並びに配線15と磁性膜18は、それぞれ3重積層構造を構成している。このように、配線と磁性膜とが多重積層構造を構成する場合、一重積層構造を採用した場合に比べて、強磁性2重トンネル接合13に対してより効率的に電流磁界を作用させることができる。

【0069】以上説明した第1～第8の実施形態では、強磁性2重トンネル接合を有する磁気記憶装置に所定の構造を採用することにより、書き込み時の消費電力を低減することについて説明した。以下に説明する第9の実施形態では、所定の材料で構成された磁性膜を用いることにより、強磁性1重トンネル接合を有する磁気記憶装置の書き込み時の消費電力を低減する図16は、本発明の第9の実施形態に係る磁気記憶装置の一部を概略的に示す断面図である。本実施形態に係る磁気記憶装置10は、磁気記憶素子11の構造が異なること以外は、第1の実施形態に係る磁気記憶装置10と同様の構造を有している。すなわち、本実施形態に係る磁気記憶装置10は、磁化固定層21、トンネルバリア層22、及び磁気記録層23を順次積層した構造を有する強磁性1重トンネル接合35を有している。強磁性1重トンネル接合35上にはピット線34が形成されており、ピット線34上には、絶縁膜19を介して磁性膜18で覆われた電流配線33が形成されている。なお、強磁性1重トンネル接合35の下方には、電流配線33及びピット線34と直交するように配線が設けられており、この配線にも磁性膜が設けられている。

【0070】本実施形態において、磁性膜18は、Co元素を含有する高飽和磁化ソフト磁性材料膜や金属-非金属ナノグラニュラ膜で構成される。このような薄膜を用いた場合、磁気記録層23への情報の書き込みに要する消費電力を低減することができる。

【0071】磁性膜18を構成するCo元素を含有する高飽和磁化ソフト磁性材料膜としては、Co-Fe合金膜やCo-Fe-Ni合金膜などの合金膜；並びにCo-(Zr, Hf, Nb, Ta, Ti)膜や(Co, Fe, Ni)-(Si, B)-(P, Al, Mo, Nb, Mn)膜などのアモルファス材料膜等を用いることができる。また、磁性膜18を構成する金属-非金属ナノグ

表 1

磁性膜の材料	Ic (mA)
Co 90 Fe 10	1.6
Co 60 Fe 20 Ni 20	1.4
Co 30 Fe 30 Ni 40	1.5
Co 70.3 Fe 4.7 Si 15 B 10	1.3
Co 75.3 Fe 4.7 Si 4 B 16	1.3
Co 69.6 Fe 4.6 Mo 1.8 Si 8 B 15	1.3
Co 70 Mn 6 B 24	1.4
Co 81.5 Mo 9.5 Zr 9	1.5
Co 96 Zr 4	1.3
Co 87 Nb 5 Zr 8	1.4
Co 85 Nb 7.5 Ti 7.5	1.4
Co 90 Fe 2 Nb 8	1.3
Co 60 Al 10 O 34	1.4
Fe 58 V 13 O 29	1.6
Fe 49 Al 17 O 34	1.6
Fe 40 B 25 N 35	1.5
Fe 59 Sm 17 O 24	1.7
なし	4.5
Ni 81 Fe 19	2.2
Ni 60 Fe 40	2.0

【0081】上記表1に示すように、本実施例に係る磁気記憶装置10では、磁性膜18を設けない場合に比べてIcが低いのは勿論のこと、磁性膜18に高透磁率材料であるNi—Feを用いた場合と比較した場合においてもより低いIcが得られた。すなわち、本実施例に係る磁気記憶装置10では書き込み時の消費電力が低減されていることを確認した。また、同様の試験を強磁性2重トンネル接合13を有する磁気記憶装置10についても行った。その結果、上述したのと同様の傾向が見られた。

【0082】(実施例2) 図1(a)～(c)に示す磁気記憶装置10を以下の方針により作製した。まず、Si/SiO<sub>2</sub>基板上に、プラズマCVD法によりSiO<sub>2</sub>膜を形成した。次に、ダマシングプロセスを用いてSiO<sub>2</sub>膜に磁性膜17及び配線14を形成した。

【0083】すなわち、ステッパーを用い、このSiO<sub>2</sub>膜に矩形状の凹部を形成した。次に、この凹部の側壁及び底面を覆うように高飽和磁化ソフト磁性材料としてNi<sub>40</sub>Fe<sub>60</sub>をスパッタリングし、続いて、メッキ法により凹部をCuで充填した。その後、CMP法を用いて凹部の外側に位置する高飽和磁化ソフト磁性材料膜及びCu膜を除去することにより、磁性膜17及び配線14を形成した。

【0084】次に、Si/SiO<sub>2</sub>基板の磁性膜17及び配線14を形成した面に、プラズマCVD法によりSiO<sub>2</sub>からなる厚さ250nmの層間絶縁膜を形成した。この層間絶縁膜上に、Ta/W/Ta下地層及び厚さ50nmのCu層を順次積層した(いずれも図示せ

ず)。次に、Cu層上に、磁化固定層21として用いられる厚さ17nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>層と厚さ12nmのIr<sub>22</sub>Mn<sub>78</sub>層と厚さ3nmのCo<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>層との複合膜; トンネルバリア層22として用いられる厚さ1nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層; 磁気記録層23として用いられる厚さ2nmのCo<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>層と厚さ5nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>層と厚さ2nmのCo<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>層との複合膜; トンネルバリア層24として用いられる厚さ1.2nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層; 磁化固定層25として用いられる厚さ3nmのCo<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>層と厚さ12nmのIr<sub>22</sub>Mn<sub>78</sub>層と厚さ5nmのNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>層との複合膜; 及び保護膜として用いられるAu層(図示せず)を順次形成した。

【0085】なお、これら薄膜の成膜にはスパッタリング法や蒸着法を用い、初期真空間度は3×10<sup>-8</sup>Torrとした。また、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層は、実施例1で説明したのと同様の方法により形成した。

【0086】次に、上述した方法で形成した積層膜(Au層からCu層上のNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>層まで)を、ステッパーを用い、RIE技術及びイオンミリング技術により0.8μm×4μmのサイズにパターニングした。以上のようにして、強磁性トンネル接合35を形成した。

【0087】続いて、それぞれSiO<sub>2</sub>及びSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>からなる互いにエッティング可能なハードマスクを用い、磁化固定層25として用いられるCo<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>層、Ir<sub>22</sub>Mn<sub>78</sub>層、及びNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>層との複合膜及び保護膜として用いられるAu層を0.8μm×2μmのサイズにパターニングした。

【0088】その後、プラズマCVD法によりSiO<sub>2</sub>

表 3

強磁性2重トンネル接合の構造	磁性膜の材料	Ic (mA)
PtMn/CoFe/AlN/Fe <sub>55</sub> Co <sub>45</sub> /AlN/CoFeNi/PtMn (17nm/3nm/2nm/5nm/2.6nm/3nm/19nm)	Co <sub>60</sub> Fe <sub>10</sub>	2.5
	Co <sub>70</sub> .3Fe <sub>4</sub> .7Si <sub>15</sub> B <sub>10</sub>	2.1
	Co <sub>60</sub> Fe <sub>2</sub> Nb <sub>8</sub>	2.2
Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> /CoFe/Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>10</sub> Co <sub>90</sub> /Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /CoFe/Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> (15nm/3nm/1.2nm/3nm/1.4nm/5nm/20nm)	Co <sub>30</sub> Fe <sub>30</sub> Ni <sub>40</sub>	2
	Co <sub>69</sub> .6Fe <sub>4</sub> .6Mo <sub>1</sub> .8Si <sub>8</sub> B <sub>15</sub>	1.9
	Co <sub>60</sub> Al <sub>10</sub> Si <sub>34</sub>	2.1
NiMn/CoFe/SiO <sub>2</sub> /CoFe/Ni <sub>8</sub> Fe <sub>1</sub> g/CoFe/SiO <sub>2</sub> /CoFe/NiMn (19nm/3nm/1.8nm/2nm/4nm/2nm/5nm/20nm)	Co <sub>69</sub> .6Fe <sub>4</sub> .6Mo <sub>1</sub> .8Si <sub>8</sub> B <sub>15</sub>	2
	Fe <sub>49</sub> Al <sub>17</sub> Si <sub>34</sub>	2.1
Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> /CoFeNi/Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /FeCo <sub>2</sub> Ni/Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /CoFeNi/Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> (15nm/2nm/1.0nm/5nm/1.2nm/3nm/17nm)	Co <sub>60</sub> Fe <sub>20</sub> Ni <sub>20</sub>	2.4
	Co <sub>70</sub> .3Fe <sub>4</sub> .7Si <sub>15</sub> B <sub>10</sub>	2.2
	Co <sub>83</sub> Nb <sub>7</sub> .5Ti <sub>7.5</sub>	2.1
	Co <sub>60</sub> Fe <sub>10</sub>	2
Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> /CoFeNi/Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /FeCo <sub>2</sub> Ni <sub>8</sub> Fe <sub>1</sub> g/FeCo <sub>2</sub> /Al <sub>12</sub> O <sub>3</sub> /CoFeNi/Ir <sub>22</sub> Mn <sub>78</sub> (15nm/2nm/1.0nm/3nm/5nm/3nm/1.2nm/3nm/17nm)	Co <sub>75</sub> .3Fe <sub>4</sub> .7Si <sub>4</sub> B <sub>16</sub>	1.9
	Co <sub>60</sub> Fe <sub>2</sub> Nb <sub>8</sub>	1.9
	Co <sub>60</sub> Fe <sub>20</sub> Ni <sub>20</sub>	1.8
	Co <sub>69</sub> Zr <sub>4</sub>	1.7
	Fe <sub>40</sub> B <sub>25</sub> N <sub>35</sub>	1.7

【表4】

可能としている。すなわち、本発明によると、書き込み時の消費電力が低減された磁気記憶装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の第1の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図、(b)は(a)に示す磁気記憶装置のA-A線に沿った部分断面図、(c)は(b)に示す構造を拡大して描いた断面図、(d)は(a)に示す磁気記憶装置の一部を概略的に示す斜視図。

【図2】(a), (b)は、それぞれ、図1(a)～(d)に示す構造の変形例を概略的に示す断面図。

【図3】磁気抵抗効果膜の長さ $L_1$ に対する磁性膜の長さ $L_2$ の比 $L_2/L_1$ と磁界強度 $H_x$ との関係を示すグラフ。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る磁気記憶装置の回路構成の一例を示す回路図。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る磁気記憶装置の回路構成の他の例を示す回路図。

【図6】図5に示す回路構成を採用した場合の磁気記憶素子の構造の一例を概略的に示す斜視図。

【図7】(a)は本発明の第2の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図、(b)は(a)に示す磁気記憶装置のB-B線に沿った部分断面図。

【図8】(a)は本発明の第3の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図で、(b)は(a)に示す磁気記憶装置のC-C線に沿った部分断面図。

【図9】(a)は本発明の第4の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図で、(b)は(a)に示す磁気記憶装置のD-D線に沿った部分断面図。

【図10】本発明の第5の実施形態に係る磁気記憶装置の一部を概略的に示す断面図。

\*【図11】本発明の第6の実施形態に係る磁気記憶装置の一部を概略的に示す断面図。

【図12】本発明の第7の実施形態に係る磁気記憶装置の一部を概略的に示す断面図。

【図13】(a)は本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置を概略的に示す断面図、(b)は(a)に示す磁気記憶装置のE-E線に沿った部分断面図。

【図14】(a), (b)は、それぞれ、本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置の配線及び磁性膜の構造の例を概略的に示す断面図。

【図15】(a)～(c)は、それぞれ、本発明の第8の実施形態に係る磁気記憶装置の配線及び磁性膜の構造の例を概略的に示す断面図。

【図16】本発明の第9の実施形態に係る磁気記憶装置の一部を概略的に示す断面図。

【符号の説明】

10 10…磁気記憶装置

11 11…磁気記憶素子

12 12…トランジスタ

20 13, 35…強磁性トンネル接合

14～16, 27, 28, 33, 34…配線

17, 18…磁性膜

19…層間絶縁膜

20…基板

26…磁化容易軸

21, 25…磁化固定層

22, 24…トンネルバリア層

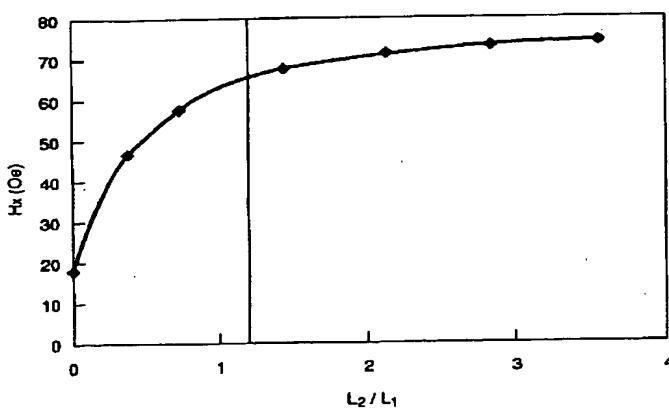
23…磁気記録層

29, 30…デコーダ

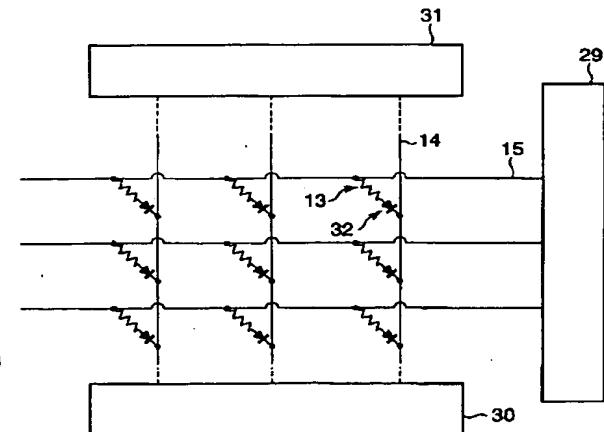
31…センスアンプ

\*

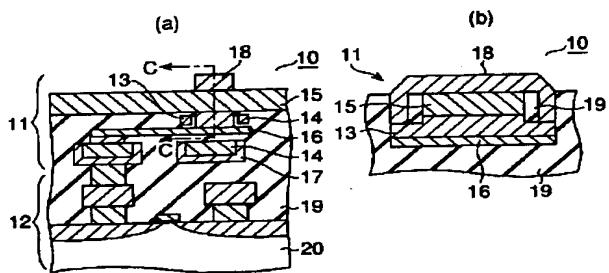
【図3】



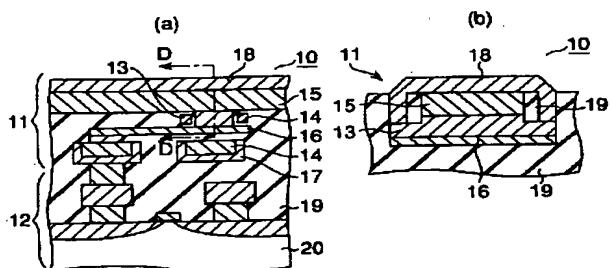
【図5】



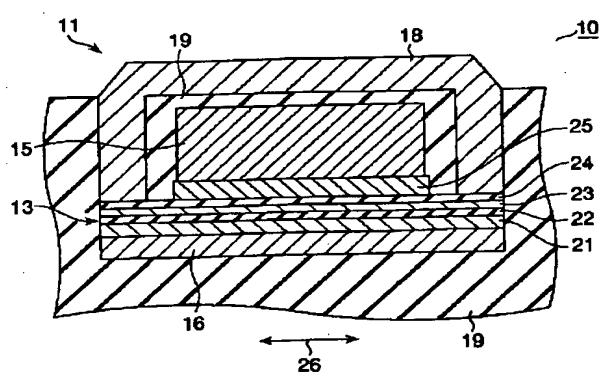
【図8】



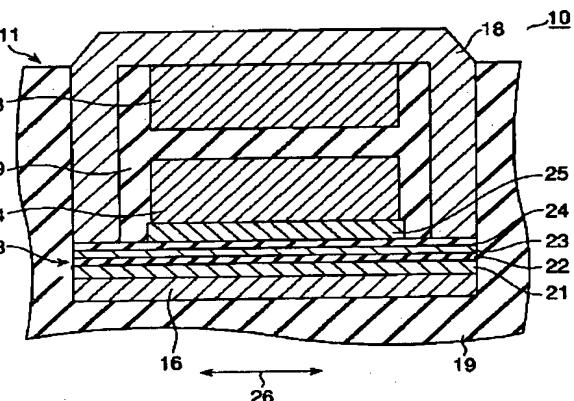
【図9】



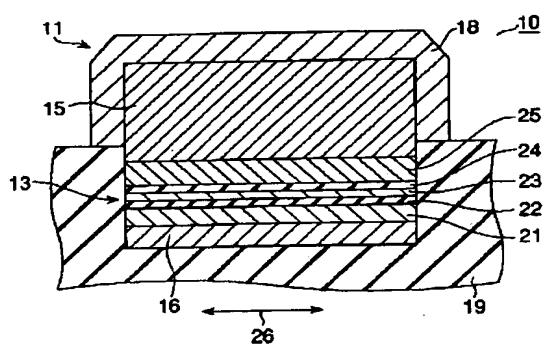
【図10】



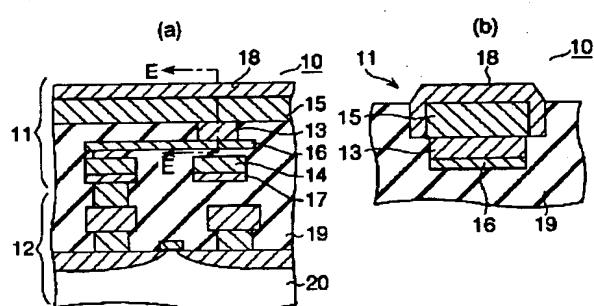
【図11】



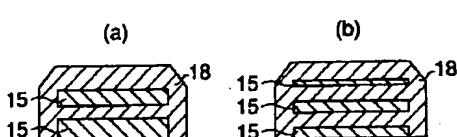
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

